

Luiz Filipe Bongioio Minato

Desempenho zootécnico de alevinos de tilápia-do-Nilo em sistemas de bioflocos com dois níveis de proteína bruta utilizando dietas comerciais

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Aquicultura.

Orientador: Luis Alejandro Vinatea Arana

Florianópolis
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Minato, Luiz Filipe Bongioiolo

Desempenho zootécnico de alevinos de tilápia-do-Nilo em sistemas de bioflocos com dois níveis de proteína bruta utilizando dietas comerciais / Luiz Filipe Bongioiolo Minato ; orientador, Luis Alejandro Vinatea - Florianópolis, SC, 2016.

42 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós Graduação em Aquicultura.

Inclui referências

1. Aquicultura. 2. Alevinagem. 3. Cultivo super intensivo. 4. Exigência proteica. I. Vinatea, Luis Alejandro. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. III. Título.

Desempenho zootécnico de alevinos de tilápia-do-Nilo em sistemas de bioflocos com dois níveis de proteína bruta utilizando dietas comerciais


Por

LUIZ FILIPE BONGIOLO MINATO

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM AQUICULTURA

e aprovada em sua forma final pelo Programa de
Pós-Graduação em Aquicultura.




Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Coordenador do Programa

Banca Examinadora:



Dr. Vinicius Ronzani Cerqueira – *Presidente*



Dr. Felipe do Nascimento Vieira - UFSC



Dr. Juan Ramon Esquivel Garcia - UNISUL



Dr. Mauricio Gustavo Coelho Emerenciano - UDESC

Este trabalho é dedicado a todos os que
utilizam da Ciência como via de
contemplação da Natureza.

AGRADECIMENTOS

A esta força inteligente expressa pela Natureza, a qual muitos povos e culturas chamaram e chamam Deus. Esse Deus que permeia todas as coisas para além de nosso entendimento e crença.

A toda minha família, seja ela de sangue ou de convicções, pois todos contribuíram para que eu vencesse as adversidades que são implícitas a toda meta traçada.

A minha noiva Francieli, que sempre me animou em direção aos objetivos e proporcionou doçura diante das dificuldades. A minha gata Lis, que soube me fazer rir e lembrar da criança que tenho dentro de mim.

Ao meu orientador Vinatea, o qual soube valorizar meus potenciais e propor alternativas simples para problemas complexos, me deixando confiante e à vontade para execução do trabalho.

Ao Departamento de Aquicultura da UFSC na pessoa de Carlito, pela compreensão e pelos esclarecimentos sempre precisos.

Ao Laboratório de Camarões Marinhos, em especial aos funcionários e colegas que participaram do trabalho: biólogo Carlos, professor Felipe Vieira, colegas Moisés e Fernanda.

A Piscicultura Panamá, Juan e Juanchi, por me proporcionar uma experiência de vida que vai além dos campos teóricos e técnicos. Aos funcionários, Márcio, Lídio, Zi, Marlei e em especial Marcos, que compuseram minha vida social durante a permanência na fazenda e com os quais eu aprendi coisas importantes.

Se admitimos que fazemos parte da corrente evolutiva, devemos considerar que todas as circunstâncias em que nos encontramos são justas para nós.

(Helena P. Blavatsky)

RESUMO

Diante da crescente necessidade em se minimizar os impactos ambientais decorrentes da aquicultura, a tecnologia de bioflocos (TBF) tem se revelado uma alternativa promissora. Porém, alguns detalhes ainda precisam ser esclarecidos para tornar tal tecnologia atrativa ao setor produtivo. Os objetivos do trabalho foram avaliar o desempenho dos alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) (peso médio $2,20 \pm 0,43$ g) em TBF e testar a possibilidade de se utilizar dietas com baixos níveis de proteína bruta nos cultivos em questão. Foram elaborados 4 tratamentos com 3 repetições cada, em incubadoras de fibra de vidro com volume útil de 50 litros, durante 2 semanas: TBF + dieta 40% PB; TBF + dieta 23% PB; Recirculação Águas Claras (RAC) + dieta 40% PB e RAC + dieta 23% PB. A dieta foi ministrada diariamente na taxa de 9% da biomassa inicial de peixes. A densidade dos tratamentos foi de 800 peixes.m⁻³. Um tanque mãe com 800 litros foi preparado para o desenvolvimento inicial do bioflocos. Açúcar foi adicionado ao tanque mãe com TBF para manter a relação C/N adequada para produção heterotrófica. Renovações de água foram realizadas somente nos tratamentos RAC. Os animais que receberam dieta de 40% PB obtiveram melhor desempenho zootécnico quando comparados aos tratamentos com dieta de 23% PB ($P < 0,05$). O sistema de cultivo influenciou na sobrevivência, que foi de $93,3 \pm 2,6\%$ nos tratamentos em RAC e $99,6 \pm 1,0\%$ nos tratamentos em TBF ($P < 0,05$). Pode-se concluir que o desempenho dos alevinos de tilápia-do-nilo em sistema TBF é satisfatório, porém não se demonstrou favorável utilizar dietas com níveis de PB abaixo das exigências conhecidas para tal fase de desenvolvimento, mesmo em TBF.

Palavras-chave: Aquicultura. Alevinagem. Cultivo super-intensivo. Exigência proteica.

ABSTRACT

Faced with the growing need to minimize the environment impacts of aquaculture, the biofloc technology (BFT) has proved to be a promising alternative, but some details still need to be clarified to make this technology attractive to the productive sector. The goals of the study were to evaluate the performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings (mean weight 2.20 ± 0.43 g) in BFT and test the possibility to use diets with low levels of crude protein (CP) in the crops in question. Four treatments were developed with 3 repetitions each, in fiberglass incubators with useful volume of 50 liters for 2 weeks: BFT + 40% CP diet; BFT + 23% CP diet; Clear Water Recirculation (CWR) + 40% CP diet and CWR + 23% CP diet. Diet was given daily at the rate of 9% of the initial biomass of fish. The density of the treatments was 800 fish.m⁻³. A mother tank with 800 liters was prepared for the initial development of the biofloc. Sugar was added to the mother tank with BFT to keep the C/N ratio suitable for heterotrophic production. Water changes were restricted to CWR treatments. Animals that received diet with 40% CP had better growth performance when compared to treatments with diet of 23% CP ($P < 0.05$). The culture medium influenced survival, which was $93.3 \pm 2.6\%$ in CWR treatments and $99.6 \pm 1.0\%$ in BFT treatments ($P < 0.05$). It can be concluded that the performance of Nile tilapia fingerlings in BFT is satisfactory, but does not prove favorable to use diets with CP levels below the known requirement for this stage of development, even in BFT.

Keywords: Aquaculture. Fingerlings rearing. Super-intensive culture. Protein requirement.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição das dietas utilizadas e exigências nutricionais de alevinos de tilápia-do-nilo.	27
Tabela 2 - Equações utilizadas para o cálculo dos índices zootécnicos de alevinos de tilápia-do-nilo cultivados em sistemas de bioflocos com dois níveis de proteína bruta utilizando dietas comerciais.	29
Tabela 3 - Parâmetros de Qualidade da Água (média \pm desvio padrão) dos sistemas de cultivo, com a respectiva referência para a espécie.	30
Tabela 4 - Desempenho Zootécnico (média \pm desvio padrão) de alevinos de tilápia-do-nilo cultivados em sistemas de bioflocos com dois níveis de proteína bruta utilizando dietas comerciais.	32

SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO GERAL	19
1.1. JUSTIFICATIVA.....	21
1.2. OBJETIVOS	22
II. ARTIGO CIENTÍFICO	23
2.1. RESUMO	23
2.2. INTRODUÇÃO.....	24
2.3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
2.3.1. Delineamento experimental.....	25
2.3.2. Formação do Bioflocos.....	26
2.3.3. Unidades Experimentais e Tratamentos	26
2.3.4. Povoamento e Manejo alimentar	28
2.3.5. Parâmetros de Qualidade da Água	28
2.3.6. Índices de Produção.....	28
2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
2.4.1. Qualidade da Água	29
2.4.2. Índices de Produção.....	31
2.5. CONCLUSÃO.....	33
2.6. AGRADECIMENTOS	34
2.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
III. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO	39
ANEXO A – Detalhes do Sistema TBF.....	41
ANEXO B – Visão Geral do Laboratório e Sistema RAC.....	42

I. INTRODUÇÃO GERAL

Ao se observar a capacidade produtiva da atividade pesqueira mundial (91,3 milhões de toneladas em 2012), percebe-se um cenário de estagnação de quantidades e sobrepesca. Entretanto, a atividade aquícola segue tendência oposta, com crescimento na ordem de 6,2% ao ano entre 2000 e 2012, onde a produção foi de 90,4 milhões de toneladas (FAO, 2014). Acredita-se inclusive que a aquicultura já seja responsável por quase 50% dos pescados utilizados como alimento humano (FAO, 2016).

O Brasil vem se destacando no cenário internacional, principalmente devido a piscicultura continental (FAO, 2014). No ano de 2011 a atividade já representava 86,6% da aquicultura nacional, com produção de 543,8 mil toneladas, gerando R\$ 5 bilhões ao ano e 3,5 milhões de empregos diretos e indiretos (ACEB, 2014).

Quanto aos produtores nacionais, a região Sul lidera o ranking. Santa Catarina é destaque e ocupou o segundo lugar da aquicultura continental do país em 2011 (MPA, 2013). Dados mais recentes levantados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) revelam que o estado produziu 40,3 mil toneladas de peixes através da aquicultura em 2014, dos quais 66,9% foram espécies de tilápia (EPAGRI, 2015).

As variações climáticas sazonais e a topografia do estado não favorecem a atividade. Portanto, o emprego de tecnologias novas é um fator importante. Tanto é assim que uma minoria (11,5%) dos produtores é considerada profissional, entretanto, representam 61% da produção total (EPAGRI, 2015).

A tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) é um peixe de água doce da família Cichlidae, nativo do continente africano. Ao longo do séc. XX foi introduzido em pelo menos 90 países visando à aquicultura, o que o tornou um dos peixes mais importantes para alimentação em todo o mundo (SHELTON; POPMA, 2006). Devido ao rápido ritmo de crescimento, às características organolépticas de sua carne e a ausência de espinhos intramusculares, as tilápias se destacam no cenário nacional, tanto no setor produtivo como no mercado consumidor (FURUYA, 2010). Foram as espécies mais cultivadas e atingiram 253,8 mil toneladas em 2011, algo em torno de 46% da aquicultura nacional (MPA, 2013). Entretanto, a maior dificuldade para expansão dos cultivos de tilápias está na obtenção de alevinos em quantidades suficientes para sustentar uma produção massiva (GREEN, 2006). No estado de Santa Catarina, por exemplo, o número de engordas anuais é limitado pela baixa disponibilidade de alevinos nos meses frios (EPAGRI, 2015).

Visando sanar a problemática da sazonalidade, os produtores de alevinos poderiam adotar estratégias de intensificação da produção, pois segundo Avnimelech (2007), os sistemas de aquicultura intensiva são eficientes na produção massiva de peixes. Contudo, tais sistemas enfrentam basicamente dois problemas: a deterioração da qualidade da água e o baixo aproveitamento da ração, já que necessita de grandes renovações de água.

Vinatea (2010) adverte que descargas de efluente aquícola sem tratamento prévio podem ocasionar elevada poluição do meio ambiente. Timmons et al. (2002) relatam que o manejo de efluentes é um dos principais problemas enfrentados em todos os sistemas de produção animal. Estes autores realizaram uma comparação entre o lodo proveniente da aquicultura e do esgoto doméstico, encontrando valores de nitrogênio (amônia e nitrato dissolvidos) e fósforo mais elevados no efluente aquícola. Também chamam a atenção aos casos onde o lodo possa sedimentar e favorecer vias de mineralização anaeróbicas, elevando drasticamente os teores de nitrogênio amoniacal total do efluente. Sobre tais problemas Boyd (2003) alerta que a aplicação dos métodos convencionais de tratamento de efluentes, visando atender às normas governamentais, é algo custoso e nem sempre possível. Cita ainda que, embora exista tal interesse em se diminuir impactos através do reuso da água, geralmente a iniciativa esbarra em questões tecnológicas e/ou econômicas.

A problemática do baixo aproveitamento da ração, nos cultivos intensificados, é um fator que limita economicamente a estratégia, já que na piscicultura intensiva as rações podem ser responsáveis por 50 a 70% dos custos de produção (KUBITZA; CYRINO; ONO, 1998). Segundo El-Sayed (1998), o preço da ração está vinculado ao uso de ingredientes proteicos, a exemplo da farinha de peixe, que é considerado o ingrediente mais caro na elaboração de dietas em aquicultura. De acordo com De Andrade et. al (2004), no cultivo de tilápias o principal custo de produção é a ração, respondendo por 52,19%, em média.

Visando desenvolver uma alternativa a estes problemas, de modo que se produza mais pescados, sem deteriorar o meio ambiente, otimizando a relação custo/benefício em favor da sustentabilidade ambiental, econômica e social, apresenta-se a tecnologia de bioflocos (TBF) (AVNIMELECH, 2012). Pela definição de Avnimelech (2007), nos sistemas TBF a gestão da qualidade da água se baseia no desenvolvimento e controle de uma comunidade microbiana heterotrófica dentro dos cultivos. Colônias compostas por altas densidades de bactérias, protozoários, zooplâncton e outros micro-organismos se estabelecem,

formando os chamados bioflocos. Nestes cultivos a troca de água é mínima, podendo chegar à zero. Os compostos nitrogenados inorgânicos tóxicos, como amônia, nitrito e nitrato, são consumidos pelos micro-organismos presentes nos bioflocos quando se mantém altas proporções de Carbono/Nitrogênio (C/N) na água. Além deste benefício, a comunidade microbiana torna-se uma fonte de proteína disponível aos animais do cultivo, otimizando o aproveitamento da ração, já que as sobras desta são recicladas pelo bioflocos.

Dentre as espécies estudadas, a tilápia apresenta bons desempenhos em TBF (AVNIMELECH, 2007). Além disso, Avnimelech (1999) relata que a proteína sintetizada pela microbiota do bioflocos é consumida pela tilápia em condições de cultivo. Segundo Luo et. al (2014) cultivar tilápias em tecnologia de bioflocos é mais rentável que cultivá-las em sistema de recirculação convencional.

Entretanto, apesar destas valiosas conclusões, a produção científica ligada ao bioflocos está mais direcionada aos camarões que às tilápias, fato constatado ao se realizar uma pesquisa em portal de periódicos, como o portal CAPES, onde o termo “shrimp biofloc” retornou 210 resultados contra apenas 59 para o termo “tilapia biofloc” (CAPES/MEC, 2016). Poucos estudos foram realizados utilizando tal tecnologia na produção de juvenis de tilápias. O presente estudo avaliou o desempenho dos alevinos de tilápia-do-nilo em TBF e testou a possibilidade de se utilizar dieta com baixo nível de PB (23%) nos cultivos em TBF.

1.1. JUSTIFICATIVA

Na piscicultura intensiva destacam-se dois principais entraves: emissão de efluentes em ambiente natural e alto consumo de ração comercial, composta por subprodutos da pesca (GOMES, 2004; VINATEA, 2010). Devido principalmente à necessidade de se utilizar a farinha de peixe como fonte de proteína, os custos de produção estão vinculados aos níveis de proteína desejados nas dietas (EL-SAYED, 1998). Diante disso, a tecnologia de bioflocos tem se apresentado como alternativa, principalmente devido a diminuição da geração de efluentes e devido a contribuição na nutrição de algumas espécies, que se alimentam da biomassa microbiana presente nos bioflocos. (CRAB et al., 2012).

Sabendo que os alevinos demandam dietas com altos níveis proteicos, o presente trabalho avaliou o uso da tecnologia de bioflocos na alevinagem de tilápias e testou a possibilidade de se reduzir tais níveis,

visando obter um sistema de cultivo que contribua com a sustentabilidade ambiental, econômica e social.

1.2. OBJETIVOS

Avaliar o desempenho zootécnico de alevinos de tilápia-do-nilo em bioflocos e testar a possibilidade de se utilizar dieta com baixo nível de PB (23%) nos cultivos em bioflocos.

O artigo científico será submetido à revista *Aquaculture International* (QUALIS/CAPES B1 – área Zootecnia e Recursos Pesqueiros, Fator de impacto: 0,960).

II. ARTIGO CIENTÍFICO

2.1. RESUMO

Diante da crescente necessidade em se minimizar os impactos ambientais decorrentes da aquicultura, a tecnologia de bioflocos (TBF) tem se revelado uma alternativa promissora. Porém, alguns detalhes ainda precisam ser esclarecidos para tornar tal tecnologia atrativa ao setor produtivo. Os objetivos do trabalho foram avaliar o desempenho de alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) (peso médio $2,20 \pm 0,43$ g) em TBF e testar a possibilidade de se utilizar dieta com baixo nível de proteína bruta (PB) nos cultivos em questão. Foram elaborados 4 tratamentos com 3 repetições cada, em incubadoras de fibra de vidro com volume útil de 50 litros, durante 2 semanas: TBF + dieta 40% PB; TBF + dieta 23% PB; Recirculação Águas Claras (RAC) + dieta 40% PB e RAC + dieta 23% PB. A dieta foi ministrada diariamente na taxa de 9% da biomassa inicial de peixes. A densidade dos tratamentos foi de 800 peixes.m⁻³. Um tanque mãe com 800 litros foi preparado para o desenvolvimento inicial do bioflocos. Açúcar foi adicionado ao tanque mãe com TBF para manter a relação C/N a níveis ótimos para produção heterotrófica. Renovações de água foram realizadas somente nos tratamentos RAC. Os animais que receberam dieta de 40% PB obtiveram melhor desempenho zootécnico quando comparados aos tratamentos com dieta de 23% PB ($P < 0,05$). O sistema de cultivo influenciou na sobrevivência, que foi de $93,3 \pm 2,6\%$ nos tratamentos em RAC e $99,6 \pm 1,0\%$ nos tratamentos em TBF ($P < 0,05$). Pode-se concluir que o desempenho dos alevinos de tilápia-do-nilo em sistema TBF é satisfatório, porém não se demonstrou favorável utilizar dieta com nível de PB abaixo das exigências conhecidas para tal fase de desenvolvimento, mesmo em TBF.

Palavras-chave: Aquicultura. Alevinagem. Cultivo super-intensivo. Exigência proteica.

2.2. INTRODUÇÃO

A tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) é um peixe de água doce da família Cichlidae, nativo do continente africano (SHELTON; POPMA, 2006). Ao longo do séc. XX foi introduzido em pelo menos 90 países visando à aquicultura, o que o tornou um dos peixes mais importantes para alimentação em todo o mundo (SHELTON; POPMA, 2006). Entretanto, a maior dificuldade para expansão dos cultivos de tilápia está na obtenção de alevinos em quantidades suficientes para sustentar uma produção massiva (GREEN, 2006).

Segundo Avnimelech (2007), os sistemas de aquicultura intensiva são eficientes na produção massiva de peixes. Porém, tais sistemas enfrentam basicamente dois problemas: a deterioração da qualidade da água e o baixo aproveitamento da ração, já que necessita de grandes renovações de água. Sobre tais problemas Boyd (2003) alerta que a aplicação dos métodos convencionais de tratamento de efluentes, visando atender às normas governamentais, é algo custoso e nem sempre possível. Cita ainda que, embora exista tal interesse em se diminuir impactos através do reuso da água, geralmente a iniciativa esbarra em questões tecnológicas e/ou econômicas.

A problemática do baixo aproveitamento da ração, nos cultivos intensificados, é um fator que limita economicamente a estratégia, já que na piscicultura intensiva as rações podem ser responsáveis por 50 a 70% dos custos de produção (KUBITZA; CYRINO; ONO, 1998). Segundo El-Sayed (1998), o preço da ração está vinculado ao uso de ingredientes proteicos, a exemplo da farinha de peixe, que é considerado o ingrediente mais caro na elaboração de dietas em aquicultura. De acordo com De Andrade et. al (2004), no cultivo de tilápias o principal custo de produção é a ração, respondendo por 52,19%, em média.

Visando desenvolver uma alternativa que produza mais pescados, sem deteriorar o meio ambiente, otimizando a relação custo/benefício em favor da sustentabilidade ambiental, econômica e social, apresenta-se a tecnologia de bioflocos (TBF) (AVNIMELECH, 2012). Pela definição de Avnimelech (2007), nos sistemas TBF a gestão da qualidade da água se baseia no desenvolvimento e controle de uma comunidade microbiana heterotrófica dentro dos cultivos. Colônias compostas por altas densidades de bactérias, protozoários, zooplâncton e outros micro-organismos se estabelecem, formando os chamados bioflocos. Nestes cultivos a troca de água é mínima, podendo chegar à zero. Os compostos nitrogenados inorgânicos tóxicos, como amônia, nitrito e nitrato, são consumidos pelos micro-organismos presentes nos bioflocos quando se

mantém altas proporções de Carbono/Nitrogênio (C/N) na água. Além deste benefício, a comunidade microbiana torna-se uma fonte de proteína disponível aos animais do cultivo, otimizando o aproveitamento da ração, já que as sobras desta são recicladas pelos bioflocos. Outro fator atrativo sobre tal tecnologia é a biomassa de peixes que pode ser estocada nos viveiros: de 10 a 50 kg.m⁻³ (AVNIMELECH, 2012).

Dentre as espécies estudadas, a tilápia apresenta bons desempenhos em TBF (AVNIMELECH, 2007). Além disso, Avnimelech (1999) relata que a proteína sintetizada pela microbiota do bioflocos é consumida pela tilápia em condições de cultivo. Segundo Luo et. al (2014) cultivar tilápias em tecnologia de bioflocos é mais rentável que cultivá-las em sistema de recirculação convencional. Entretanto, poucos estudos foram realizados utilizando tal tecnologia na produção de juvenis de tilápia. O presente estudo teve como objetivos avaliar o desempenho zootécnico de alevinos de tilápia-do-nilo em TBF e testar a possibilidade de se utilizar dieta com baixo nível de PB (23%) nos cultivos em questão.

2.3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado entre abril e junho de 2016, no laboratório da Piscicultura Panamá Ltda., situada no município de Paulo Lopes/SC. As análises de água foram realizadas no Laboratório de Camarões Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LCM – UFSC).

2.3.1. Delineamento experimental

Montou-se dois sistemas do tipo “macrocosmo-microcosmos”, um para atender os tratamentos em tecnologia de bioflocos (TBF) e o segundo para os tratamentos em recirculação em águas claras (RAC). Ambos possuíam um macrocosmo com volume útil de 800L ligado à seis incubadoras de fibra de vidro com volume útil de 50L cada (microcosmos), constituindo assim os 4 tratamentos e suas 3 repetições.

Para o sistema RAC, o macrocosmo foi equipado com aeração proveniente de um compressor eletromagnético (50L.min⁻¹) distribuída em 6 pontos através de pedras porosas. Quatro termostatos (150W cada) forneceram aquecimento necessário para manutenção da temperatura no sistema. Um filtro mecânico e biológico foi montado no interior do tanque, constituído de uma peneira seguida de lã de vidro e substrato (brita e mangueira corrugada plástica). Tal filtro recebia água proveniente das unidades experimentais. Bicarbonato de sódio (NaHCO₃) foi utilizado

conforme Ebeling, Timmons e Bisogni (2006) para se manter a alcalinidade da água em concentrações que garantissem o poder tampão.

2.3.2. Formação do Bioflocos

Para formação do bioflocos, o respectivo macrocosmo recebeu água e solo provenientes de um viveiro escavado maduro existente na propriedade, conforme sugerido por Avnimelech (2012). O tanque foi estocado com juvenis de tilápia-do-nilo (peso médio $40,7 \pm 6,2$ g) na biomassa de 1.740,0 g. O tanque recebeu aeração constante proveniente de um compressor eletromagnético ($100\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$) distribuída em 6 pontos através de pedras porosas, visando manter os níveis de oxigênio dissolvido, a movimentação da água e controlar o acúmulo de lodo no fundo dos tanques (AVNIMELECH, 2012). Dois termostatos (300W cada) forneceram aquecimento necessário para manutenção da temperatura no sistema. Ração comercial peletizada, contendo 23% de proteína bruta (PB) foi fornecida diariamente em 3% do peso vivo. Açúcar foi utilizado como fonte de carbono para manter a relação ideal entre C/N (>15) e favorecer a formação dos flocos microbianos. Bicarbonato de sódio (NaHCO_3) foi utilizado conforme Ebeling, Timmons e Bisogni (2006) para manter a alcalinidade do sistema. Dentro de 40 dias, este macrocosmo foi identificado como maduro, através de análises da qualidade da água, e considerado pronto para o início do experimento.

2.3.3. Unidades Experimentais e Tratamentos

Em ambos os sistemas, as unidades experimentais (U.E.) recebiam água proveniente do macrocosmo com auxílio de uma bomba centrífuga ($2.000\text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$) no sistema RAC e duas no sistema TBF. A água entrava por cima das incubadoras através de torneiras, saindo por baixo e retornando ao tanque mãe com o uso de mangueiras de PVC. No sistema TBF foi necessário implantar um sistema de escoamento gravitacional por calha para o retorno da água devido à capacidade do bioflocos entupir mangueiras. Tal calha despejava água em um tanque de 100L equipado com bomba centrífuga acionada por boia de nível. Todas as U.E. foram revestidas com lona plástica transparente para reduzir as perdas de calor.

O experimento contou com 4 tratamentos (3 repetições), sendo eles: RAC + 23%PB; RAC + 40%PB; TBF + 23%PB; TBF + 40%PB; onde a sigla representa o sistema de cultivo (RAC ou TBF) e o valor representa a dieta utilizada com base no seu nível proteico (23% ou 40% de PB), cujas composições estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição das dietas utilizadas e exigências nutricionais de alevinos de tilápia-do-nilo.

Item	Referência	23% PB	40% PB	Exigência	Unidade
Umidade	máx.	120	125	-	g
Proteína bruta	mín.	230	400	380 ^a	g
Extrato etéreo	mín.	40	50	-	g
Matéria fibrosa	máx.	75	35	30 – 60 ^{*b}	g
Matéria mineral	máx.	90	200	-	g
Cálcio	mín. - máx.	10-20	25-50	0,70 ^{*c}	g
Fósforo	mín.	8	18	4,0 ^d	g
Ácido fólico	mín.	1,0	1,5	1,0 ^e	mg
Ácido pantotênico	mín.	20	30	10,0 ^{*c}	mg
Biotina	mín.	0,2	0,3	0,06 ^{*c}	mg
Cobalto	mín.	0,1	0,15	-	mg
Cobre	mín.	8	12	4,00 ^e	mg
Ferro	mín.	55	82,5	60,00 ^e	mg
Iodo	mín.	0,4	0,6	2,40 ^{*b}	mg
Manganês	mín.	15	22,5	7,0 ^{*c}	mg
Niacina	mín.	20	30	26,0 ^{*c}	mg
Selênio	mín.	30	0,45	0,25 ^e	mg
Vitamina A	mín.	4000	6000	4769 ^{*a}	U.I.
Vitamina B1	mín.	2	3	4,0 ^{*b}	mg
Vitamina B12	mín.	15	22,5	0,0 ^{*c}	mcg
Vitamina B2	mín.	7	10,5	6,0 ^{*c}	mg
Vitamina B6	mín.	4,5	6,75	5,0 ^e	g
Vitamina C	mín.	350	400	40 ^f	mg
Vitamina D3	mín.	2000	3000	0,4 ^g	U.I.
Vitamina E	mín.	80	120	60 ^f	mg
Vitamina K	mín.	2	3	-	mg
Zinco	mín.	100	150	79,51 ^e	mg

Fonte: desenvolvido pelo autor. Legenda: (-) não determinado; (*) exigência para animais adultos; (^a) Adaptado Furuya (2010); (^b) Lim & Webster (2006); (^c) NRC (2011); (^d) NRC (2011) valores para fósforo disponível; (^e) Furuya (2010); (^f) adaptado NRC (2011); (^g) adaptado NRC (2011) valores para vitamina D.

2.3.4. Povoamento e Manejo alimentar

Inicialmente, 480 alevinos de tilápia-do-nylo revertidos sexualmente à machos (peso médio $2,20 \pm 0,43$ g), provenientes de um mesmo lote, obtidos na própria Piscicultura Panamá foram distribuídos aleatoriamente nas U.E., resultando em densidade de 800 peixes.m⁻³. Uma amostra do mesmo lote foi separada e utilizada para biometria inicial (10% do total utilizado).

As rações comerciais (23%PB e 40%PB) para espécies onívoras foram previamente trituradas em liquidificador e peneiradas, o que conferiu características similares a ambas. Foram ministradas sob taxa de 9% do peso vivo (PV) da biometria inicial, 4 vezes ao dia, durante os 14 dias do período experimental, como proposto por Lim, Webster e Li (2006).

2.3.5. Parâmetros de Qualidade da Água

Diariamente foram mensurados os seguintes parâmetros: temperatura e oxigênio dissolvido (Oxímetro AT 170, AlfaKit Ltda.), pH (Card Kit pH, AlfaKit Ltda.) e Sólidos Sedimentáveis (SS) (Cone Imhoff, Prolab Equip.) conforme metodologia da APHA (1998).

Duas vezes por semana foram mensurados: Amônia (Total Ammonia Nitrogen – TAN) segundo metodologia de Grasshoff, Ehrhardt e Kremling (1983); Nitrito (N-NO₂) segundo metodologia de Aminot e Chaussepeid (1983); Nitrato (N-NO₃) com kit de análise (HACH 8039 Cadmium Reduction) e Alcalinidade (CaCO₃) através de titulação (APHA, 2005). Além disso, amostras de água foram congeladas duas vezes por semana para posterior análise dos Sólidos Suspensos Totais (SST) no LCM – UFSC, segundo metodologia da APHA (2005).

2.3.6. Índices de Produção

Ao final do período experimental foram coletados os dados de peso (balança de precisão analítica 0,001 g) e comprimento (paquímetro digital) de cada animal. Também foi registrada a sobrevivência (%) de cada U.E. Foram calculados os índices zootécnicos de ganho de peso, ganho de peso diário, taxa de crescimento específico (TCE), fator de conversão alimentar (FCA) e Fator de Condição (K), conforme equações da Tabela 2.

Tabela 2 - Equações utilizadas para o cálculo dos índices zootécnicos de alevinos de tilápia-do-nilo cultivados em sistemas de bioflocos com dois níveis de proteína bruta utilizando dietas comerciais.

Índice	Equação
Ganho de peso (g)	peso médio final - peso médio inicial
Ganho de peso diário (g.dia ⁻¹)	ganho de peso . dias de experimento ⁻¹
TCE (%.dia ⁻¹)	100*(ln peso médio final – ln peso médio inicial) . dias de experimento ⁻¹
FCA	arraçoamento total . (biomassa final - biomassa inicial) ⁻¹
Fator de Condição K (g.cm ⁻³)	peso . comprimento ⁻³

Fonte: desenvolvido pelo autor. Legenda: TCE (taxa de crescimento específico); FCA (fator de conversão alimentar); ln (logaritmo natural).

2.3.7. Análise Estatística

Os dados foram submetidos a análises estatísticas com o uso do software Statistica 8.0 (StatSoft Inc.). Os dados de sobrevivência estão expressos em porcentagem, mas sofreram transformação angular (arco seno da raiz quadrada) para análise estatística.

O teste de Levene avaliou a homocedasticidade dos dados. Comprovada a homogeneidade da variância, prosseguiu-se com análise de variância (ANOVA) bi fatorial com nível de significância de $P < 0,05$. O teste de Tukey foi utilizado para separação das médias (ZAR, 2009).

2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.4.1. Qualidade da Água

Os valores permaneceram dentro do aceitável para a espécie, conforme as referências da literatura (Tabela 3).

A temperatura ficou abaixo do ideal para espécie ao longo do experimento. Isto ocorreu devido as baixas temperaturas registradas na região sul do Brasil no período, relacionadas a chegada sequencial de massas de ar polar. Entretanto, ambos os sistemas apresentaram valores aceitáveis para espécie (SHELTON; POPMA, 2006). O sistema TBF possuía uma calha de retorno da água que favorecia a troca de calor com o ambiente, resultando em temperaturas mais baixas que em RAC. Isso pode ter influenciado o desempenho dos tratamentos quando considerado apenas o fator sistema de cultivo, já que a taxa de crescimento específico

(TCE) tende a aumentar com o aumento da temperatura (BALDISSEROTTO, 2002).

Tabela 3 - Parâmetros de Qualidade da Água (média \pm desvio padrão) dos sistemas de cultivo, com a respectiva referência para a espécie.

Parâmetro	Sistema de Cultivo		Referência
	RAC	TBF	
Temperatura (°C)	24,3 \pm 1,4	23,3 \pm 1,2	18-35 °C ^a
[O ₂] (mg.L ⁻¹)	8,18 \pm 0,19	8,32 \pm 0,18	4-6 ^b
pH	7,25 \pm 1,44	8,00 \pm 0,25	6,0-9,0 ^b
NAT (mg.L ⁻¹)	0,61 \pm 0,73	0,12 \pm 0,06	<2,0 ^c
N-NO ₂ (mg.L ⁻¹)	0,60 \pm 0,80	0,06 \pm 0,04	<81,0 ^d
N-NO ₃ (mg.L ⁻¹)	3,86 \pm 4,40	12,46 \pm 4,09	<500,0 ^b
Alcalinidade (mg CaCO ₃ .L ⁻¹)	42,00 \pm 28,03	114,40 \pm 17,57	100-150 ^{*,e}
SST (mg.L ⁻¹)	-	232,00 \pm 62,02	200-400 ^{*,f}
SS (mL.L ⁻¹)	-	17,67 \pm 4,89	5-50 ^{*,f}

Fonte: desenvolvido pelo autor. Legenda: RAC = recirculação de águas claras; TBF = tecnologia de bioflocos; (a) Shelton e Popma (2006); (b) Timmons et al. (2002); (c) Benli, Köksal e Özkul (2008); (d) Atwood et al. (2001); (e) Ebeling, Timmons e Bisogni (2006); (f) Avnimelech (2012); (*) estabelecido apenas para TBF.

O oxigênio dissolvido esteve sempre acima do mínimo sugerido para espécie (TIMMONS et al., 2002). Permaneceu próximo aos níveis de saturação para tais condições de temperatura e pressão, fato importante principalmente para o sistema TBF, onde a aeração desempenha papel fundamental (AVNIMELECH, 2012).

O pH esteve sempre dentro da faixa de tolerância da espécie (foi maior nos tratamentos TBF devido a constante adição de bicarbonato de sódio ao sistema com o intuito de se manter a alcalinidade do sistema elevada, conforme sugerido por Avnimelech (2012).

Os níveis dos compostos nitrogenados não apresentaram valores letais em ambos sistemas de cultivo. O nitrogênio amoniacal total (NAT) obteve maiores concentrações no sistema RAC, bem como o nitrito (NO₂). Os valores de nitrato (NO₃) foram maiores no sistema TBF, porém, tais níveis não são considerados nocivos para a espécie em questão. De maneira geral, os compostos nitrogenados apresentaram maior estabilidade (baixo desvio padrão) no sistema TBF que em RAC. Tais resultados coincidem com o relatado por Avnimelech (1999), Crab et al. (2009) e Nootong e Pavasant (2011) que destacam a eficácia da TBF

na fixação dos compostos nitrogenados inorgânicos em biomassa bacteriana através da manutenção de alta relação C/N.

A alcalinidade permaneceu controlada ao longo do experimento, sempre mais elevada no sistema TBF devido às suas necessidades físico-químicas (AZIM; LITTLE, 2008). Os valores de SST e SS ficaram dentro do sugerido por Avnimelech (2012) para a boa manutenção dos bioflocos.

2.4.2. Índices de Produção

Os desempenhos zootécnicos dos tratamentos foram classificados quanto às diferenças significativas ($P < 0,05$) e podem ser observados na Tabela 4.

A análise estatística revelou que apenas o fator dieta influenciou nos resultados de comprimento, peso, biomassa final, ganho de peso, ganho de peso diário, TCE e FCA, sendo os tratamentos com dieta de 40% PB responsáveis pelos melhores desempenhos ($P < 0,05$). Tais resultados não se adequam ao relatado por Avnimelech (2007) e Azim e Little (2008), que sugerem uma alta contribuição proteica proveniente do bioflocos no crescimento das tilápias. Tal fato pode ter ocorrido devido às diferenças na qualidade nutricional do bioflocos em questão ou a forma de oferta das dietas (ração em pó). Esta última hipótese pode ter contribuído de maneira significativa, pois ao longo do experimento observou-se que a ingestão da ração nos tratamentos RAC se dava de maneira total, enquanto que no TBF a ração tinha o aspecto visual muito semelhante aos flocos em suspensão e também se dispersava rapidamente na coluna d'água devido a aeração presente nestas U.E., o que pode ter dificultado a ingestão nestes tratamentos. Além disso, tal aeração pode ter influenciado o desempenho zootécnico no sistema TBF, pois os peixes estavam submetidos à movimentação constante de água, que pode ter exigido gasto energético adicional por parte destes animais, quando comparados aos animais do sistema RAC, onde não havia aeração individual para cada U.E.

Para avaliar a eficiência crescimento, além do ganho de peso diário, utilizou-se a taxa de crescimento específico (TCE), conforme sugerido por Timmons et al. (2002). Os valores demonstraram-se normais em todos os tratamentos, segundo os valores apresentados por Green (2006). Valores inferiores aos deste estudo, na ordem de 2,0% ao dia, foram descritos por Luo et al. (2014), em experimento conduzido em RAC e TBF utilizando tilápias com peso médio de 24 g. Tal comportamento está dentro do esperado pois a TCE tende a diminuir com o crescimento do animal (BALDISSEROTTO, 2002).

Tabela 4 - Desempenho Zootécnico (média \pm desvio padrão) de alevinos de tilápia-do-nilo cultivados em sistemas de bioflocos com dois níveis de proteína bruta utilizando dietas comerciais.

Índices	RAC 23%	RAC 40%	TBF 23%	TBF 40%	P sistema	P dieta	P interação
Comprimento (mm)	57,5 \pm 4,0 ^{Ab}	60,2 \pm 4,3 ^{Aa}	57,7 \pm 3,7 ^{Ab}	59,0 \pm 4,1 ^{Aa}	0,456392	*0,022419	0,359359
Peso (g)	3,48 \pm 0,70 ^{Ab}	4,11 \pm 0,82 ^{Aa}	3,36 \pm 0,65 ^{Ab}	3,71 \pm 0,81 ^{Aa}	0,093367	*0,008139	0,341010
Sobrevivência (%)	95,0 \pm 2,5 ^{Ba}	91,7 \pm 1,4 ^{Ba}	100 \pm 0,0 ^{Aa}	99,2 \pm 1,4 ^{Aa}	*0,000102	0,090814	0,780293
Biomassa Final (g)	132,2 \pm 10,4 ^{Ab}	150,6 \pm 7,0 ^{Aa}	134,5 \pm 5,2 ^{Ab}	147,0 \pm 12,2 ^{Aa}	0,902315	*0,019159	0,590194
Ganho de Peso (g)	1,28 \pm 0,36 ^{Ab}	1,91 \pm 0,13 ^{Aa}	1,16 \pm 0,13 ^{Ab}	1,50 \pm 0,26 ^{Aa}	0,093367	*0,008139	0,341010
Ganho de Peso Diário (g.dia ⁻¹)	0,09 \pm 0,03 ^{Ab}	0,14 \pm 0,01 ^{Aa}	0,08 \pm 0,01 ^{Ab}	0,11 \pm 0,02 ^{Aa}	0,093367	*0,008139	0,341010
TCE (%.dia ⁻¹)	3,26 \pm 0,75 ^{Ab}	4,46 \pm 0,23 ^{Aa}	3,02 \pm 0,28 ^{Ab}	3,71 \pm 0,51 ^{Aa}	0,118763	*0,010059	0,388916
FCA	2,64 \pm 0,71 ^{Aa}	1,80 \pm 0,22 ^{Ab}	2,43 \pm 0,29 ^{Aa}	1,96 \pm 0,45 ^{Ab}	0,914166	*0,037470	0,501991
Fator de Condição (K)	1,82 \pm 0,05 ^{Ab}	1,88 \pm 0,02 ^{Aa}	1,75 \pm 0,03 ^{Bb}	1,80 \pm 0,01 ^{Ba}	*0,003563	*0,022963	0,792801

Fonte: desenvolvido pelo autor. Legenda: letras distintas na mesma linha indicam diferença significativa por Tukey ($P < 0,05$), letra maiúscula = efeito do sistema de cultivo, letra minúscula = efeito da dieta; *valor de P significativo; TCE (taxa de crescimento específico); FCA (fator de conversão alimentar).

Os valores de FCA encontrados estão de acordo com o descrito para esta fase de desenvolvimento de tilápia-do-nilo (LI et al., 2013; ABDEL-TAWWAB et al. 2009). Valores mais elevados de FCA indicam pior desempenho, que no presente estudo ocorreu para os peixes alimentados com dietas contendo 23%PB. Tais resultados corroboram com o encontrado por Abdel-Tawwab et al. (2009) para tilápia-do-nilo, onde o FCA foi inversamente proporcional ao nível de proteína da dieta.

Segundo Vazzoler (1996) o Fator de Condição (K) é um indicador utilizado para conhecer as condições nutricionais e o bem-estar de um peixe. No presente estudo os valores ficaram abaixo do descrito por Luo et al. (2011) para mesma espécie em fase de desenvolvimento mais avançada, porém estão próximos do apresentado por Crab et al. (2009), que discutem a importância de se manter $K > 1,8$ para bom estado fisiológico. Melhores valores foram obtidos no tratamento RAC 40%, seguidos por RAC 23% e TBF 40% (médias estatisticamente iguais). O tratamento TBF 23% apresentou os menores valores ($P < 0,05$), ficando abaixo do mínimo desejado. Tal fato pode ter ocorrido pela dificuldade de captura da dieta em pó em TBF, onde o sistema conta com altos índices de SST quando comparado aos tratamentos em águas claras, onde a visibilidade da ração é maior.

Já para sobrevivência, o sistema de cultivo foi o fator responsável pelas diferenças significativas ($P < 0,05$), onde o TBF apresentou melhores índices quando comparado ao RAC. Entretanto, ambos os valores se encontram acima do descrito para tal fase de desenvolvimento, principalmente pela alta densidade de estocagem e baixa temperatura em questão (CRAB et al., 2009; LI et al., 2013).

Em geral, os índices de desempenho zootécnico ficaram dentro do esperado para tal fase de desenvolvimento. Tal resultado demonstra a boa adaptação da espécie à TBF, coincidindo com o relatado por diversos autores (AVNIMELECH, 2007; AZIM; LITTLE, 2008; CRAB et al., 2009; MONROY-DOSTA et al., 2013; LUO et al., 2014; EKASARI et al., 2015).

2.5. CONCLUSÃO

Os resultados demonstram ser possível cultivar alevinos de tilápia-do-nilo em TBF. Entretanto, a utilização de ração em pó com nível de proteína tão baixo afetou o desenvolvimento dos animais, mesmo em TBF, o que sugere que, nas condições testadas, o bioflocos não pôde ser considerado suplemento alimentar suficiente para suprir as exigências nutricionais dos alevinos. Sugere-se que novas pesquisas sejam realizadas

testando níveis de proteína intermediários. Os resultados também confirmam a estabilidade dos parâmetros de qualidade da água nos tratamentos em TBF, onde houve bons índices de crescimento e alta sobrevivência, mesmo em alta densidade de estocagem com zero renovação de água.

2.6. AGRADECIMENTOS

O autor agradece a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado; à Piscicultura Panamá Ltda. pela disponibilização das instalações para execução do experimento e pelo fornecimento de alojamento; ao Laboratório de Camarões Marinhos e ao Departamento de Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina pelo apoio técnico e pelos recursos disponibilizados.

2.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-TAWWAB, M., AHMAD, M. H., KHATTAB, Y. A. E., SHALABY, A. M. E. Effect of dietary protein level, initial body weight, and their interaction on the growth, feed utilization, and physiological alterations of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquaculture**, 298, 267-274, 2009.

AMINOT, A., CHAUSSEPIED, M., **Manuel des analyses chimiques em milieu marin**. C.N.E.X.O, Brest, 1983, 376p.

APHA (American Public Health Association), American Water Works Association and Water Pollution Control Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 20th ed. American Public Health Association, Washington, DC, USA, 1998.

APHA (American Public Health Association), American Water Works Association and Water Pollution Control Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 21th ed. American Public Health Association, Washington, DC, USA, 2005.

ATWOOD, H. L., FONTENOT, Q. C., TOMASSO, J. R., ISELY, J. J. Toxicity of nitrite to Nile Tilapia: effect of fish size and environmental chloride. **North American Journal of Aquaculture**, 63: 49–51, 2001.

AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology** – A Practical Guide Book. 2. ed. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, 2012. 272p.

AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, 176, 227–235, 1999.

AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, 264, 140–147, 2007.

AZIM, M. E., LITTLE, D. C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, 283, 29–35, 2008.

BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2002. 211p.

BENLI, A. Ç. K., KÖKSAL, G., ÖZKUL, A. Sublethal ammonia exposure of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.): Effects on gill, liver and kidney histology. **Chemosphere**, 72, 1355–1358, 2008.

BOYD, C. E. Guidelines for aquaculture affluent management at the farm-level. **Aquaculture**, 226, 101–112, 2003.

CRAB, R., KOCHVA, M., VERSTRAETE, W., AVNIMELEC, Y. Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. **Aquacultural Engineering**, 40, 105–112, 2009.

DE ANDRADE, R. L. B., WAGNER, R. L., MAHL, I. MARTINS, R. S. Custos de produção de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em um modelo de propriedade da região oeste do Estado do Paraná, Brasil. **Ciência Rural**, v.35, n.1, p.198–203, 2005.

EBELING, J.M., TIMMONS, M.B., BISOGNI, J.J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems, **Aquaculture**, 257, 346–358, 2006.

EKASARI, J., RIVANDI, D. R., FIRDAUSI, A. P., SURAWIDJAJA, E. H., ZAIRIN JR, M., BOSSIER, P., DE SCHRYVER, P. Biofloc

technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. **Aquaculture**, 441, 72-75, 2015.

EL-SAYED, A-F. M. Total replacement of fish meal with animal protein sources in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), feeds. **Aquaculture Research**, 29, 275-280, 1998.

FURUYA, W. M. **Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápias**. Toledo: GFM, 2010. 100p.

GRASSHOFF, K., EHRHARDT, M., KREMLING, K. **Methods of Seawater Analysis**. 2nd ed. Verlag Chemie, Weinheim. 1983.

GREEN, B. W. Chapter 5 – Fingerling Production Systems. In: LIM, Chhorn.; WEBSTER, Carl D. **Tilapia: biology, culture, and nutrition**. New York: Food Products Press, 2006. 678p.

KUBITZA, F., CYRINO, J. E. P., ONO, E. A. Rações Comerciais para Peixes no Brasil: Situação Atual e Perspectivas. **Revista Panorama da Aqüicultura**. Vol. 8, Nº 50, 1998.

LI, Y., BORDINHON, A. M., DAVIS, D. A., ZHANG, W., ZHU, X. Protein: energy ratio in practical diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture International**, 21, 1109-1119, 2013.

LIM, C. E., WEBSTER, C. D. & LI, M. H. Chapter 15 – Feeding Practices. In: LIM, C., WEBSTER, C. D. **Tilapia: biology, culture, and nutrition**. New York: Food Products Press, 2006. 678p.

LUO, G., WANG, C., LIU, W., SUN, D., LI, L., TAN, H. Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. **Aquaculture**, 422–423, 1–7, 2014.

LUO, Z., TAN, X. Y., LIU, X. J., WEN, H. Effect of dietary betaine on growth performance and hepatic intermediary metabolism of GIFT strain of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* reared in freshwater. **Aquaculture Nutrition**, 17, 361-367, 2011.

MONROY-DOSTA, M. C., LARA-ANDRADE, R., CASTRO-MEJÍA, J., CASTRO-MEJÍA, G., COELHO-EMERENCIANO, M. G.

Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, vol.48, nº3, 511-520, 2013.

NOOTONG, K., PAVASANT, P. Effects of Organic Carbon Addition in Controlling Inorganic Nitrogen Concentrations in a Biofloc System. **Journal of the World Aquaculture Society**, Vol. 42, No. 3, 2011.

NRC (National Research Council), Committee on Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**. Washington: National Academic Press, 2011. 376p.

SHELTON, W. L., POPMA, T. J. Chapter 1 – Biology. In: LIM, C., WEBSTER, C. D. **Tilapia: biology, culture, and nutrition**. New York: Food Products Press, 2006. 678p.

TIMMONS, M. B., EBELING, J. M., WHEATON, F. W., SUMMERFELT, S. T., VINCI, B. J. **Recirculating Aquaculture Systems**. 2. ed. Ithaca, USA: Cayuga Aqua Ventures, 2002. 769p.

VAZZOLER, A. E. A. M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá: EDUEM, 1996. 169p.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 4th. ed. New Delhi, India: Pearson Education, 2009. 662p.

III. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO

ACEB (Associação Cultural e Educacional Brasil). **1º Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura**. Florianópolis, 2014. 136p.

AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology – A Practical Guide Book**. 2. ed. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, 2012. 272p.

AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, 176, 227–235, 1999.

AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, 264, 140–147, 2007.

BOYD, C. E. Guidelines for aquaculture affluent management at the farm-level. **Aquaculture**, 226, 101–112, 2003.

CAPES/MEC. **Portal de Periódicos**. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 10 outubro 2016.

CRAB, R., DEFOIRDT, T., BOSSIER, P., VERSTRAETE, W. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. **Aquaculture**, 356-357, 351-356, 2012.

DE ANDRADE, R. L. B., WAGNER, R. L., MAHL, I. MARTINS, R. S. Custos de produção de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em um modelo de propriedade da região oeste do Estado do Paraná, Brasil. **Ciência Rural**, v.35, n.1, p.198-203, 2005.

EL-SAYED, A-F. M. Total replacement of fish meal with animal protein sources in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), feeds. **Aquaculture Research**, 29, 275-280, 1998.

EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina). **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina: 2014-2015**. Florianópolis: Epagri/Cepa, 2015. 153p.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and challenges**. Rome, 2014. 223p.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).

Fisheries and Aquaculture Department: Aquaculture. 2016.

Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/aquaculture/en>>. Acesso em: 28 jun. 2016.

FURUYA, W. M. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias.**

Toledo: GFM, 2010. 100p.

GREEN, B. W. Chapter 5 – Fingerling Production Systems. In: LIM, C., WEBSTER, C. D. **Tilapia: biology, culture, and nutrition.** New York: Food Products Press, 2006. 678p.

GOMES, S. Z. Nutrição e alimentação de peixes e crustáceos. In: POLI, C.R. et. al. **Aqüicultura: experiências brasileiras.** Florianópolis: Multitarefa, 2004. 455p.

KUBITZA, F., CYRINO, J. E. P., ONO, E. A. Rações Comerciais para Peixes no Brasil: Situação Atual e Perspectivas. **Revista Panorama da Aqüicultura.** Vol. 8, Nº 50, 1998.

LUO, G., WANG, C., LIU, W., SUN, D., LI, L., TAN, H. Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. **Aquaculture**, 422–423, 1–7, 2014.

MPA (Ministério da Pesca e Aquicultura). **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura:** 2011. Brasília, 2013. 60p.

SHELTON, W. L., POPMA, T. J. Chapter 1 – Biology. In: LIM, C., WEBSTER, C. D. **Tilapia: biology, culture, and nutrition.** New York: Food Products Press, 2006. 678p.

TIMMONS, M. B., EBELING, J. M., WHEATON, F. W., SUMMERFELT, S. T., VINCI, B. J. **Recirculating Aquaculture Systems.** 2. ed. Ithaca, USA: Cayuga Aqua Ventures, 2002. 769p.

VINATEA, L. A. **Qualidade da água em aquicultura:** princípios e práticas. 3. ed. rev. e modif. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2010. 237p.

ANEXO A – Detalhes do Sistema TBF



Legendas: (a) Macrocosmo TBF; (b) Sistema TBF com calha de retorno; (c) Tanque com boia de nível; (d) Unidade Experimental TBF; (e) Visão microscópica dos bioflocos (ampliação de 400x).

Fontes: próprio autor.

ANEXO B – Visão Geral do Laboratório e Sistema RAC

a)



b)



c)



d)



Legendas: (a) Visão geral do laboratório; (b) Processo de trituração da ração; (c) Macrocosmo do sistema RAC e Biofiltro; (d) Unidade Experimental RAC.

Fontes: próprio autor.